拾捌 土壤資源管理

一 土壤管理技術

(一) 土壤改良、整枝修剪及病蟲害防治對有機柳橙果實品質之影響

林素禎

柑橘果實生長期長，養分、水分及病蟲草害管理不易，而農民對於有機栽培可用的資材種類、施用量、施用方法等觀念不足，無法適時適量施用，使病蟲害發生後無法控制，降低作物產量。本所於雲林縣古坑鄉麻園村設立試驗果園，柳橙樹齡5年生，果園土壤鹼性pH 8.2-8.6、高鈣 (2.9%-3.7%)、低有機質含量10-15 $g\cdot kg^{-1}$。本所組成有機柳橙栽培技術團隊，指導農民進行土壤改良與養分調控，於果樹行間改良20 cm深的土壤，施用蔗渣有機質肥料以提高土壤有機質含量1%為目標，施用硫磺以降低高鈣之影響。另外，以土鑽在果樹樹冠下距樹幹1m處，繞樹幹環狀挖24個洞，挖出的土壤與蔗渣有機質肥料、硫磺及基肥混勻後回填，改良40 cm深的土壤。柳橙所需的肥料三要素施肥量參考作物施肥手冊，並於早春指導農民進行整枝修剪，以改善樹冠通風透光，生長期間以有機農業可用資材管控病蟲害。柳橙園區經土壤改良、營養調控及整枝修剪後，其果汁糖酸比 (17-21) 大於農民慣行區 (13-17)，可提高柳橙果實品質，增加農民收入 (圖18-1)。

(二) 農地雷射整平技術對紅蔥生育整齊度與產量提升效果

江志峯

氣候變遷引發水資源缺乏，亟需提升農業灌溉用水效率，本所過去20年致力於發展雷射整平水田節水技術，在水稻直播節水已為可行，對邊際地區農地帶來效益。110年則於臺南市學甲區舉辦「農田雷射整平技術在旱田 (紅蔥) 水分管理示範」，示範利用雷射整平技術提高紅蔥發芽率、灌溉效率。經110年9月栽培前的整平作業，於111年1月上旬收穫，結果顯示，雷射整平示範區

圖18-1. 經本所技術指導後提升柳橙產量與品質

與不平整對照區之紅蔥產量相較，平均產量每分地由960 kg增加至1,440-1,800 kg，提高約50%-87.5%；由於示範區產品品質較對照區好，大盤商主動加價2元 (+16%) /台斤收購，農友於示範區較對照區增加1.74至2.17倍收益。

(三) 合理化施肥

江志峯、林素禎、張明暉、林毓雯、劉滄棽

針對友善環境資材推廣，加強執行合理化施肥計畫，包括安排農民與農會基層推廣人員宣導講習合理化施肥，辦理合理化施肥宣導、座談及講習會計356場次，課程與議題均以土壤管理與作物營養診斷技術為主軸；另配合媒體專訪及電視台報導部分計13則，擴大合理化施肥宣導層面，登載於期刊等農業相關雜誌計5篇。土壤肥力檢測與作物需肥診斷服務方面，協助農友辦理土壤檢測、植體分析及作物需肥診斷服務，引導農友合理使用化學肥料，計有1,752件。建立施用石灰資材改良土壤肥力示範農場方面，新增輔導4處合理化施肥示範農場，包括雜糧、蔬菜、果樹等作物，並辦理合理化施肥田間觀摩會17場次。資材施用後配合合理化施肥，示範農戶所減施之化學肥料比率介於15%-30%間，其中以雜糧及水稻之減幅最為顯著，平均每公頃示範農田可節省成本約3,000元，尤其在保持地力、穩定產量及提高品質方面成效顯著。

(四) 西部沿海區耕作制度規劃之研究

江志峯、張明暉、郭聆亦、吳秉諭

針對沿海地區設計之新耕作系統進行農田區穩定性的校驗，旨在1.推廣新的耕作制度，有效利用農業生態資源，提高此地區產業價值。2.篩選作物或品種、耕種方法、耕犁方式等，再評估現有環境特性，針對已有耕作制度作最適布置，設計最高收益的新耕作系統。110年擇定4試區試驗耕作制度的作物不同耕犁方式與種植方法，瞭解不整地食用玉米-直播水稻-不整地大豆複合式耕作系統的穩定性、資源利用、提高產量及減少氮肥投入，計算氮平衡量除通霄試區玉米為正值，顯示系統獲得額外氮源，而土庫與霧峰2試區為負值，說明玉米收穫後剩餘物遺留田間，利於後二期直播水稻對於土壤剩餘的

氮養分的使用。不同土壤管理組類型所繼承的氮源不同，低地石灰性粗質地排水不完全沖積土的土庫試區以礦質態氮為主，而低台地淺層排水良好沖積土的霧峰試區則以有機氮為主。比較通霄和土庫春季玉米試區不同管理對土壤微生物多樣性的差異，發現以多次施用農藥管理的土庫試區，其時間採樣的微生物多樣性反而較不施農藥管理的通霄試區為高，而兩試區玉米季之空間微生物多樣性均低。

(五) 建立環境友善耕作模式

江志峯、葉明智

於彰雲2試區，以雨季二期作直播水稻為核心，搭配旱作不整地栽培，並配合區域自然資源，進行春作食用玉米-直播水稻-秋作大豆之一年三作試驗，並比較春作食用玉米-直播水稻-秋作大豆一年三作和春作大豆-直播水稻-秋作小麥的耕作模式。2個試區之一年三作之作物均能於規劃生育期間完成收穫，提高土地利用效率。並依不同稻田土壤性質的診斷指標，完成不同土壤質地於雨季直播水稻栽種與部分管理技術改良，提高大尺度田區稻種苗立率與管理技術，建立適合我國直播水稻的操作標準作業模式，作為擴大推廣規模的基礎。示範田與同時間插秧種植方式比較，直播水稻可避開灌溉水不足的乾旱風險，穩定水稻的生產，可增加30%農田產能及相對兩期作水稻季提高30%以上的收益，未來將持續利用區域性農地資源不斷地調整農業生態，實踐區域性的耕作制度，適應當地的農業生物多樣性，以應對未來氣候變化的威脅。

(六) 葉菜類根分泌物對土壤砷之生物有效性及植體砷累積之影響

許健輝、羅郁淨

砷為人體致癌物質且廣泛分布於土壤及水體環境中，若透過食物鏈攝取過量的砷恐對健康產生不利影響，故降低可食作物對砷的吸收為現今重要的環境議題。近年陸續在砷污染土壤發現部分旱作有較高的砷累積濃度，然而，目前針對旱作從土壤吸收砷的機制研究仍有限。因此本研究利用水耕試驗添加不同磷/五價砷處理，了解小白菜根部受到砷毒害時是否誘導或抑制根分泌物的產生，進一步探討植體可食部位砷累積的影響。結果顯示，隨著砷處理濃度增加，溶液中可溶性有機碳濃度有上升的趨勢，植體砷濃度亦隨砷處理濃度增加而上升。然而，高磷環境下可相對減少根部砷累積濃度，但地上部則沒有該趨勢，推測是由於地上部累積的砷主要為三價砷，與磷不具有競爭關係。經迴歸分析發現小白菜根部砷濃度與水耕液中可溶性有機碳濃度，在高磷環境下具有顯著的正相關 (r=0.87)。本研究後續將透過盆栽試驗進一步驗證根分泌物對蔬菜作物砷累積的影響，並釐清砷在旱作系統下的動態。

(七) 以GGE雙軸圖評估不同水稻品種鎘累積

許健輝、楊博鈞、林毓雯

隨著食安觀念的盛行，鎘於食品中的累積日漸受到重視，尤其在以水稻為主食的亞洲國家，鎘米產出的議題備受重視。水稻穀粒中，鎘累積會受到品種、環境以及兩者交感效應所影響。有研究指出，品種×環境交感效應對於水稻鎘累積的重要性，其中GGE分析法將基因型主效應 (G) 以及基因型與環境間的交感效應 (GE) 以圖形的方式表示，用以評估區域試驗的結果。本研究於臺中市后里區及彰化縣彰化市的鎘污染水稻田種植21個國內常見水稻品種，分析其土壤及糙米鎘濃度，並利用GGE模型篩選出高穩定性的低鎘累積品種。結果顯示，本試驗中秈稻的鎘累積能力普遍高於稉稻，但受環境條件差異影響，無法直接從單一試驗區篩選出穩定低鎘累積品種。根據GGE分析結果，‘高雄139號’、‘台稉糯3號’及‘臺東33號’具有穩定低鎘吸收的能力，因此希望能透過本研究篩選出的穩定低鎘累積品種，並配合適當栽培管理方法，降低稻米鎘超標的風險。

(八) 農田土壤水分管理對稻穀無機砷累積之影響

林毓雯

為了釐清在田間尺度環境下，水稻品種與土壤水分管理對糙米無機砷累積之影響，擇定宜蘭冬山、苗栗西湖、彰化大村及嘉義民雄等4處試驗田，設置不同水分處理進行水稻栽培試驗。結果顯示，砷進入稻株後主要累積於根部，土壤至根部的生物濃縮係數 (BCF) 為14.7-32.9，自根至莖轉移係數 (TF) 為0.15-0.26，莖至葉之轉移係數為0.74-2.09，葉至糙米之轉移係數為0.02-0.05 (表18-1)。供試水稻品種以‘台中秈10號’之糙米無機砷累積能力小於‘台南11號’ (圖18-2)，生育後期湛水處理，可使‘台中秈10號’與‘台南11號’2品種無機砷濃度，較慣行處理平均分別增加17.0%與7.9%，而生育後期乾溼交替水分管理，則使‘台中秈10號’與‘台南11號’2品種無機砷濃度，較慣行處理平均分別減少15.6%與10.8% (圖18-3)。綜上，針對砷污染潛在風險區栽種水稻，建議可選擇種植秈稻品種，並減少生育後期灌溉水量，以降低糙米無機砷濃度。

表18-1. 水稻各部位之砷生物濃縮係數及轉移係數分布範圍

$BCF^{z}_{soil\text{-}root}$	$TF_{root\text{-}stem}$	$TF_{stem\text{-}leaf}$	$TFl_{eaf\text{-}husked\ rice}$
14.7-32.9	0.15-0.26	0.74-2.09	0.02-0.05

^{z} BCF=根部砷濃度÷土壤砷濃度；$TF_{root\text{-}stem}$=莖部砷濃度÷根部砷濃度；$TF_{leaf\text{-}stem}$=葉部砷濃度÷莖部砷濃度；$TF_{leaf\text{-}husked\ rice}$=糙米砷濃度÷葉部砷濃度

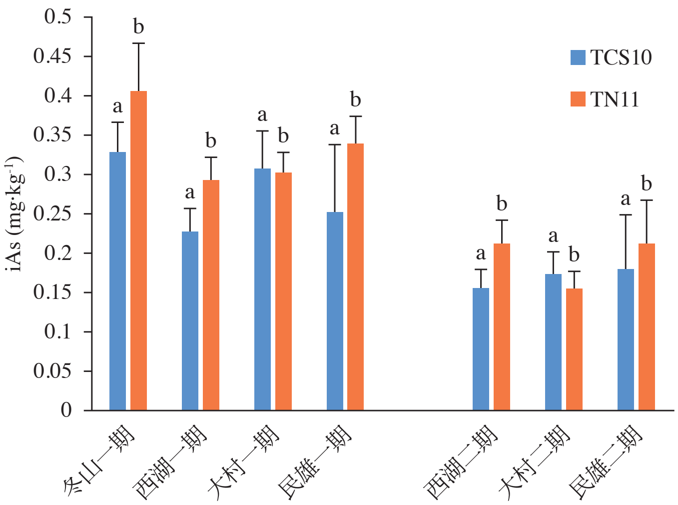

圖18-2. 各期作供試水稻品種之無機砷濃度比較

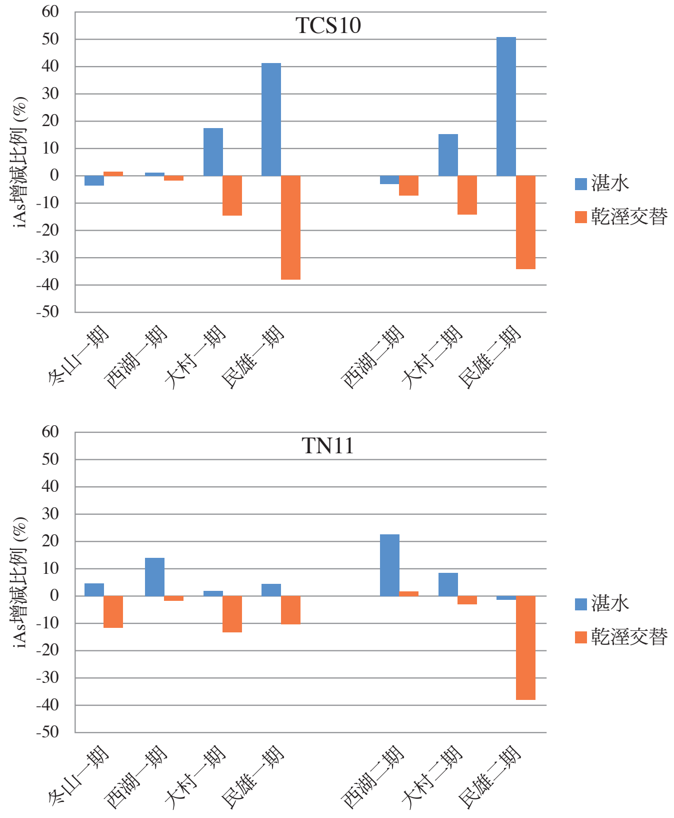

圖18-3. 試驗田各期作不同水分處理相較慣行處理之糙米無機砷濃度增減比例

二 遙測技術之農作物監測體系

劉滄棽、張翊庭、許健輝、郭鴻裕

應用衛星偵測及影像分析判釋技術，配合作物的光譜和物候特徵、結合空間及屬性資料，並選取合適的監測時段的衛星影像，可進行農作物種植分布的判釋分析；利用連續性的影像判釋監測，更能即時的修正與反應作物的種植及收穫情形。為了掌握判釋成果資料的精準度，也結合低空的無人機拍攝樣區及地面人員的現勘與定位拍攝技術，多方的技術與資訊互補，提升衛星影像判釋技術的精確度。尤其針對敏感性作物進行長期監測，例如：落花生、大蒜及甘藍等作物。分析每年同期作落花生或大蒜的種植面積消長情形，甚至每月監測甘藍收穫面積，累積多年作物栽植面積及收集長期的市場價格，藉此推測作物產量之增減百分比與批發市場價格之相關性，建立作物生產面積是否超量的預警資訊，最後將推測作物收穫面積及分布位置 (圖18-4) 等資訊提供農糧署及地方政府校驗與利用，以供政策決策者提前進行判斷，作為後續應變措施之參考。

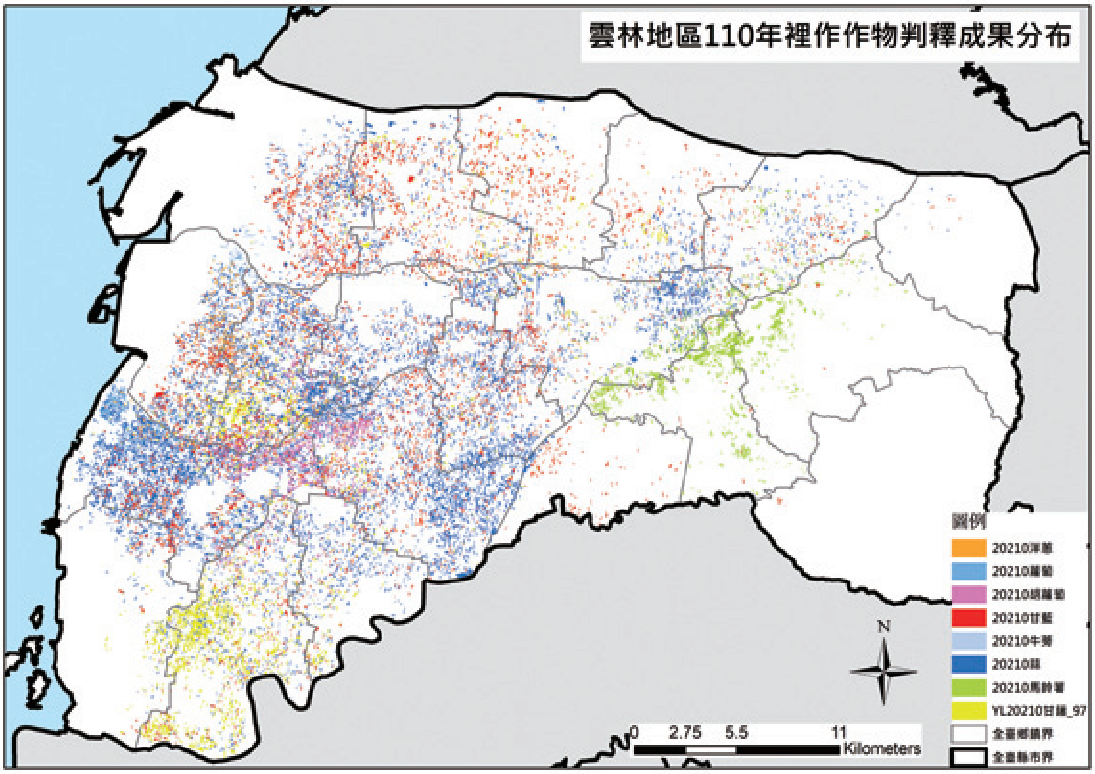

圖18-4. 雲林地區110年裡作作物判釋成果分布

三 農業空間資訊整合協作

(一) 農地盤點與圖資供應

劉滄棽、張翊庭、許健輝、郭鴻裕

自106年9月建立「農業及農地資源盤查結果查詢圖台」(https://map.coa.gov. tw)，公開農地資源分布區位及使用現況等資訊供各界參考。至110年更新臺灣(含離島) 共計59萬公頃農地清查成果 (圖18-5)，其中在雲林縣及嘉義縣農糧面積消退，因106年法定外的地區經由判釋歸類為旱田而後開發為石榴班工業區，及野生竹林與森林林地劃分至林業使用，故面積有明顯落差。每年持續盤點農糧使用面積，涵蓋我國政府部門農業生產相關公務登記資料，透過農業使用變化，除能作為國土規劃的基礎，並提供農作分布相關圖資25件給農政單位、12件給學研單位應用，作為各單位政策制定、任務執行及學術研究的重要資料。未來將持續開發盤查資料彙集自動化功能、強化現地勘查系統，以加速盤查作業進行，俾利各界掌握農地利用資訊。

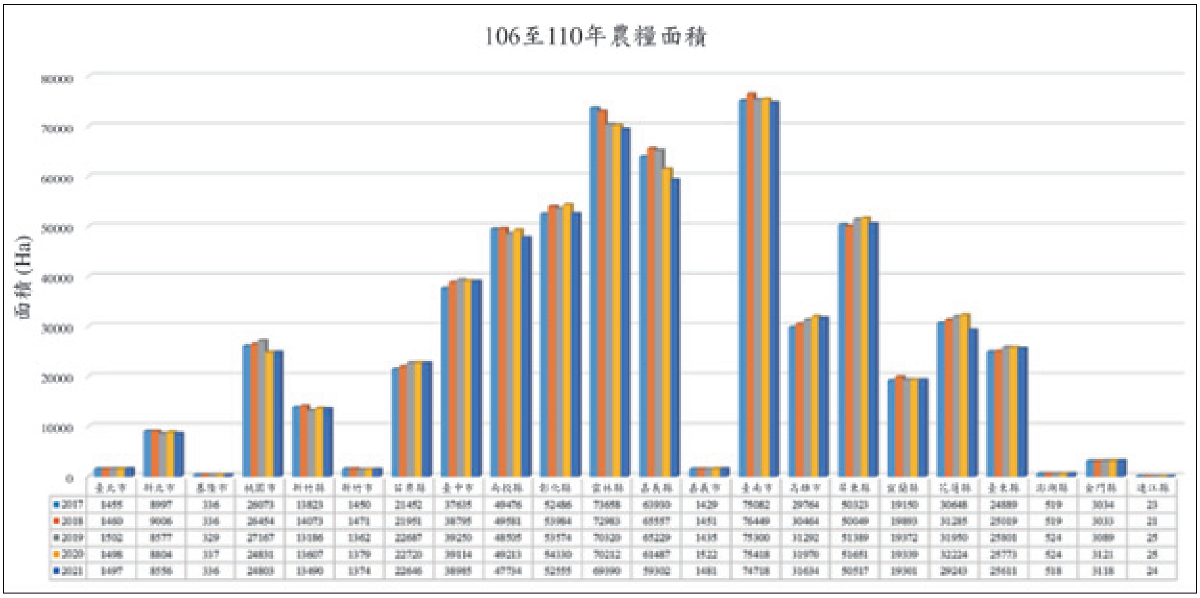

圖18-5. 歷年農地盤查農糧面積統計成果

(二) 濁水溪流域土地利用對土壤碳匯影響之初步成果

許健輝、劉滄棽、張翊庭、楊心如、楊博鈞

土地覆蓋對於地球系統的氣候、地球生物化學扮演關鍵角色，其資訊呈現人類與自然系統的交互關係，也提供人類活動的監測、自然資源的科學管理、政策決策支援的資訊。本研究之目的為探討研究樣區的不同時空土地利用/覆蓋變化對土壤有機碳變異的影響，進而預測未來土壤有機碳的變化。由數值土壤繪圖結果顯示，濁水溪流域表土有機碳之預測以Regression Kriging with Cubist模型的預測表現最佳 (R^2=0.56)，參數重要性分析指出高程 (DEM)、谷底平整度多解析度指標 (MrVBF)、年均溫度 (MAT) 及年均雨量 (TAP) 為重要的預測參數，後續可利用前述參數預測不同時期之土壤有機碳空間分布及碳匯計算。另外，由71-99年土地利用變遷初步分析結果發現，各種土地利用的變化大部分都與人為活動有關，在道路可及的地區進行土地開發、社區聚落附近栽植作物，或是在政府獎勵下進行平地造林等。後續將進一步探討土地利用的時空變化對土壤有機碳累積的影響，未來可作為生態系服務價值評估、土地利用規劃及土壤碳匯估算等參考基礎。

(三) 農作物污染監測管制及損害查處計畫輔導成果

許健輝、林毓雯、鄭佳怡

110年受農糧署委託執行農作物污染監測管制及損害查處計畫，在高污染風險農地，利用低成本及農民可自行操作的農藝管

理方法 (土壤酸鹼度調整、水分管理及品種選擇) 降低水稻重金屬鎘、鉛及砷超標之風險。輔導田區包括臺中市 (33筆)、新竹縣 (2筆)、桃園市 (2筆)、彰化縣 (4筆)，第一期作11塊輔導田，第二期作30塊輔導田，兩期作共7.28公頃，其中第一期作有1塊輔導田玉米鎘濃度超標，因土壤鎘濃度偏高所致，部分區域土壤鎘濃度超過監測標準，且該地土壤pH偏低，雖然已於種植前施用石灰調整，但短時間內提高土壤pH值的效果有限。第二期作有兩塊輔導田區糙米鎘濃度超標，推測是水分管理未確實執行導致作物超標，針對水分管理已加強提醒農民要確實執行與定期監測。110年輔導田糙米重金屬合格率達93%，結果顯示，透過前述之農藝管理方式確實可大幅降低稻米重金屬超標之風險，並且可降低受重金屬污染之稻米流入市面。

四 土壤微生物組之研究

張明暉、郭聆亦

本研究為探討不同耕作制度下的土壤微生物群落結構差異，利用NGS次世代定序技術分析土庫試驗田區之土壤微生物菌相。試驗結果顯示，春作玉米採收後的細菌菌相明顯較水稻苗期少，且大多屬於*Candidatus*。另，於二期作直播水稻種植初期試驗田與左右側慣行耕作制度之鄰田 (一期作水稻採收後整地曬田期) 及二期作直播水稻成熟期試驗田以*Nocardioidaceae*、*Gaiellaceae*、*Plancyomycetaceae*為代表性的優勢菌科。而真菌菌相分析顯示直播水稻種植初期及成熟期與鄰田 (種植花生、大蒜) 差異較大，僅*Fusarium*為共同菌屬；此外，為建立香蕉健康土壤微生物評估指標，採集屏東香蕉研究所、鹽埔鄉及九如鄉等香蕉園健康與黃葉病罹病土壤，藉由總體基因體定序 (Metagenomic shotgun sequencing) 技術，進行香蕉園土壤微生物菌相分析，比較健康與黃葉病罹病土壤微生物相之差異。試驗結果顯示，鹽埔鄉與九如鄉黃葉病罹病土壤之*Fusarium oxysporum*占比明顯高於健康土壤，可供作建立土壤健康評估指標。